

Requested Patent: DE3609351A1

Title: ;

Abstracted Patent: DE3609351 ;

Publication Date: 1987-09-24 ;

Inventor(s):

HENNEBERGER GERHARD DR (DE); SCHUSTEK SIEGFRIED DIPL ING DR (DE)  
;

Applicant(s): BOSCH GMBH ROBERT (DE) ;

Application Number: DE19863609351 19860320 ;

Priority Number(s): DE19863609351 19860320 ;

IPC Classification: H02K16/04 ; H02K29/00 ;

Equivalents: EP0298958 (WO8705754), B1, JP1501913T, WO8705754

**ABSTRACT:**

A brushless electric motor, in particular a servomotor for direct drive, is usually provided with a hollow cylindrical stator (26) with a multiphase stator winding (28) and a rotor (23) rotatably arranged in the stator (26) leaving an air gap (24), which in the case of an asynchronous motor is designed as a squirrel-cage rotor, and in the case of a synchronous motor as a magnet wheel provided with a permanent magnet. In order to achieve a higher torque than in conventional servomotors of the same size, while ensuring a low rotor inertia, the rotor (23) is designed as a light-weight hollow cylinder and inside the rotor (23) a second inner stator (27) is arranged, forming a second air gap (25) concentric to the rotor (23). The inner rotor (27) carries a stator winding (29) with an identical design to that of the outer stator (26).

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 36 09 351 A 1**

⑤① Int. Cl. 4:  
**H02K 16/04**  
H 02 K 29/00

②① Aktenzeichen: P 36 09 351.3  
②② Anmeldetag: 20. 3. 86  
②③ Offenlegungstag: 24. 9. 87

Behörden Eigentum

DE 36 09 351 A 1

⑦① Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:

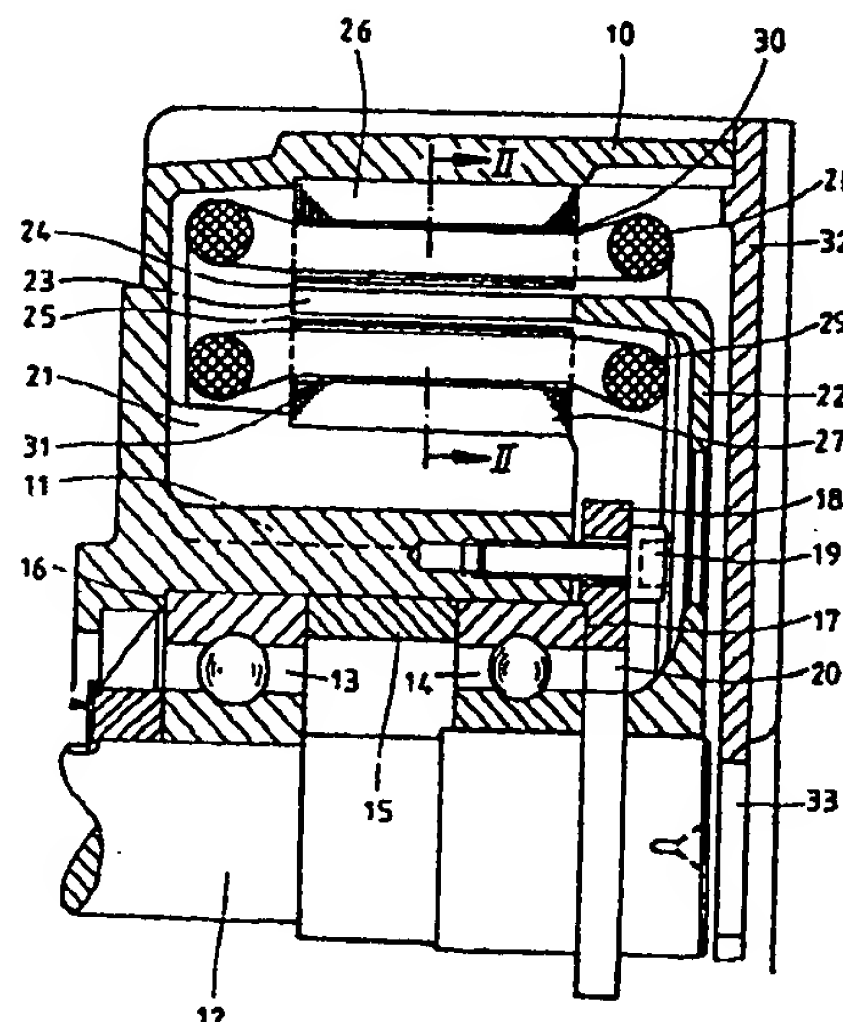
Henneberger, Gerhard, Dr., 7141 Möglingen, DE;  
Schustek, Siegfried, Dipl.-Ing. Dr., 7997  
Immenstaad, DE

⑤⑥ Recherchenergebnisse nach § 43 Abs. 1 PatG:

DE-PS	8 53 023
DE-PS	7 40 689
DE-PS	5 99 954
DE-AS	16 13 558
DE-AS	10 56 727
DE-OS	34 38 747
DE-OS	33 21 444
DE-OS	22 51 399
DE-OS	20 20 780
FR	21 21 806
EP	71 629

⑤④ Bürstenloser elektrischer Motor

Ein bürstenloser elektrischer Motor, insbesondere Servomotor für Direktantrieb, weist üblicherweise einen hohlzylindrischen Stator (26) mit einer mehrphasigen Statorwicklung (28) und einen im Stator (26) unter Belassung eines Luftspaltes (24) drehend angeordneten Rotor (23) auf, der bei einem Asynchronmotor als Kurzschlußläufer und bei einem Synchronmotor als dauermagnetbestücktes Polrad ausgebildet ist. Zur Erzielung eines gegenüber konventionellen Servomotoren gleicher Abmessung höheren Drehmoments bei gleichzeitig geringem Rotorträgheitsmoment ist der Rotor (23) als massekleiner Hohlzylinder ausgebildet und im Innern des Rotors (23) ein zweiter innerer Stator (27) unter Bildung eines zweiten Luftspaltes (25) konzentrisch zum Rotor (23) angeordnet. Der innere Rotor (27) trägt eine gleich ausgebildete Statorwicklung (29) wie der äußere Stator (26) (Fig. 1).



DE 36 09 351 A 1

## Patentansprüche

1. Bürstenloser elektrischer Motor, insbesondere Servomotor, mit einem Motorgehäuse, mit einem im Motorgehäuse befestigten hohlzylindrischen Stator, der eine als Wellen- oder Schleifenwicklung, Spulenoder Stabwicklung, Ein- oder Zweischichtwicklung ausgebildete, in Nuten einliegende mehrphasige Statorwicklung trägt, und mit einem im Innern des Stators unter Bildung eines Luftspaltes koaxial zum Stator angeordneten, mit einer Abtriebswelle verbundenen Rotor, der als Kurzschlußläufer (Asynchronmotor) oder als Dauermagnetbestücktes Polrad (Synchronmotor) ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor (23) als massekleiner Hohlzylinder ausgebildet ist, daß im Innern des Rotors (23) ein zweiter innerer Stator (27) unter Bildung eines zweiten Luftspaltes (25) konzentrisch zum Rotor (23) angeordnet ist und daß der innere Stator (27) eine gleich ausgebildete Statorwicklung (28) trägt wie der erste äußere Stator (26).
2. Motor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Nuten (30, 31) in beiden Statoren (26, 27) in gleicher radialer Ausrichtung angeordnet sind, so daß ihre Nutmitten miteinander fluchten.
3. Motor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Nuten (30) des einen Stators (26) gegenüber den Nuten (31) des anderen Stators (27) um eine halbe Nutteilung verschoben angeordnet sind.
4. Motor nach einem der Ansprüche 1–3, dadurch gekennzeichnet, daß das Motorgehäuse (10) topfförmig mit einer koaxialen Nabe (11) ausgebildet ist, die außen bis zum Boden des topfförmigen Motorgehäuses (10) reichende Axialstege (21) trägt, daß die Abtriebswelle (12) im Innern der Nabe (11) drehbar gelagert ist, daß der hohlzylindrische Rotor (23) an einer mit der Abtriebswelle (12) drehfest verbundenen, etwa schalenförmigen Trägerscheibe (22) befestigt ist, daß der innere Stator (27) sich auf den Axialstegen (21) abstützt und daß das Motorgehäuse (10) mit einem Gehäusedeckel (32) abgeschlossen ist.
5. Asynchronmotor nach einem der Ansprüche 1–4, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor (23) als Käfigläufer mit in geschlossenen Nuten (34) eingelegten Leiterstäben (35) und zwei die Leiterstäbe (35) jeweils an beiden Enden miteinander verbindenden Kurzschlußringen ausgebildet ist (Fig. 2).
6. Asynchronmotor nach einem der Ansprüche 1–4, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor (23) als Doppelkäfigläufer mit in zwei konzentrischen Ebenen angeordneten Nuten (38, 39) einliegenden Leiterstäben (36, 37) und zwei die Leiterstäbe (36, 37) jeweils an beiden Enden untereinander verbindenden Kurzschlußringen ausgebildet ist (Fig. 3 und 4).
7. Asynchronmotor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Nuten (38, 39) halboffen ausgebildet sind, wobei die Nutöffnungen der in der äußeren Ebene angeordneten Nuten (38) dem äußeren Stator (26) und der in der inneren Ebene angeordneten Nuten (39) dem inneren Stator (27) zugekehrt sind (Fig. 4).
8. Synchronmotor nach einem der Ansprüche 1–4, dadurch gekennzeichnet, daß der hohlzylindrische Rotor (23) ein dünnes, nicht magnetisches Stütz-

rohr (40) aufweist, auf dem in Radialrichtung magnetisierte Dauermagnetsegmente (41) mittels einer nichtmagnetischen Bandage (42) gehalten sind, und daß die Lücken (43) zwischen den Dauermagnetsegmenten (41) mit magnetisch nichtleitendem Material ausgefüllt sind (Fig. 5).

9. Synchronmotor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Dauermagnetsegmente (41) auf dem Stützrohr (40) aufgeklebt sind.

## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem bürstenlosen elektrischen Motor, insbesondere Servomotor, der im Oberbegriff des Anspruchs 1 definierten Gattung.

Solche bürstenlosen Servomotoren finden ihren Einsatz als Direktantrieb für Handhabungsgeräte und Roboter. Die Rotoren dieser Motoren sind aus Gründen des erforderlichen magnetischen Rückschlusses im Rotor weitgehend massiv ausgebildet. Daher weisen sie ein relativ großes Trägheitsmoment auf.

Es ist bereits ein bürstenloser elektrischer Schrittmotor bekannt (US-PS 36 29 626), der zur Erzielung eines massearmen Rotors, der einem einzigen Halbwellenimpuls einer Wechselspannungsquelle folgen kann, zwei konzentrische Statoren aufweist, die einen dünnwandigen, rohrförmigen Rotor innen und außen unter Bildung jeweils eines Luftspaltes umgeben. Die beiden Statoren tragen in einer gleichen Anzahl von gleichmäßig über den Statorumfang verteilten Nuten eine gleich ausgebildete Zweiphasenwicklung. Die eine Phase beider Statorwicklungen ist an eine Wechselspannung gelegt, während die andere Phase jeder Statorwicklung an einer durch eine Zweiweggleichrichtung aus der Wechselspannung gewonnenen pulsierenden Gleichspannung angeschlossen ist. In dem aus Fiberglas hergestellten Rotor sind Streifen aus magnetischem Material, z.B. Eisen, eingelegt. Die Breite der Streifen und ihr gegenseitiger Abstand entspricht jeweils einer Nutteilung.

## Vorteile der Erfindung

Der erfindungsgemäße elektrische Wechsel- oder Drehstrommotor, der als Asynchron- oder Synchronmotor ausgebildet sein kann, mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil, gegenüber konventionellen Servomotoren gleicher Abmessung ein höheres Drehmoment abgeben zu können und gleichzeitig ein geringeres Rotorträgheitsmoment aufzuweisen. Durch den inneren Stator kann der äußere Stator um ca. die halbe Nuthöhe im Außendurchmesser reduziert werden und das für den magnetischen Rückschluß erforderliche Rotorjoch entfallen, das sich im inneren Stator wiederfindet. Die Wicklungen der einzelnen Stränge oder Phasen in den beiden Statoren sind so geschaltet, daß sich die Wirkungen beider Statorwicklungen addieren. Durch die beiden konzentrischen Statoren läßt sich damit das für die Momenterzeugung notwendige Bauvolumen besser nutzen. Durch das fehlende Rotorjoch läßt sich der hohlzylindrische Rotor dünnwandig ausbilden. Er enthält nur die Reaktionsteile, wie Kurzschlußwicklung beim Asynchronmotor und Dauermagnete beim Synchronmotor. Der Rotor ist damit massearm und sein Trägheitsmoment ist deutlich geringer als bei konventionellen Servomotoren mit gleichem

Außendurchmesser.

Durch die in den weiteren Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Anspruch 1 angegebenen bürstenlosen Motors möglich.

Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung ergibt sich dabei aus Anspruch 3. Durch den Versatz der beiden Statoren um eine halbe Nutteilung kann jeder Stator mit grober Nutteilung und einfachster Wicklung ausgeführt werden. Im Zusammenspiel beider Statoren ergibt sich eine bessere Annäherung der Felderregerkurve an die Sinusform und bei dauermagnetenerregten Synchronmotoren eine Reduktion der relativ starken Rastermomente.

Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung ergibt sich auch aus Anspruch 5. Bei einem einfachen Käfigläufer werden vorteilhaft die Nuten geschlossen ausgebildet, da die dann über den Käfigstäben verbleibenden Streustege die mechanische Festigkeit des Rotors wesentlich verbessern.

Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung ergibt sich auch aus Anspruch 6. Durch das Vorsehen eines Doppelkäfigs im Rotor mit gemeinsamen Kurzschlußringen erhält man einen deutlich drehzahlfixierten Rotor, so daß sich gemäß der Ausführungsform der Erfindung nach Anspruch 7 auch halboffene Nuten im Rotor realisieren lassen.

Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung ergibt sich auch aus Anspruch 8. Die vorgespannte Bandage aus nicht magnetischem Material, z.B. GFK oder nicht magnetischem Edelstahl, fängt die an den Dauermagnetsegmenten angreifenden Fliehkräfte auf.

### Zeichnung

Die Erfindung ist anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen jeweils ausschnittsweise:

Fig. 1 einen Längsschnitt eines Servomotors,

Fig. 2 bis 4 jeweils einen Querschnitt des als Asynchronmotor ausgebildeten Servomotors in Fig. 1 längs der Linie II-II in Fig. 1,

Fig. 5 einen Querschnitt des als Synchronmotor ausgebildeten Servomotors in Fig. 1 längs der Linie II-II in Fig. 1,

Fig. 6 einen Querschnitt des als Asynchron- oder Synchronmotor ausgebildeten Servomotors in Fig. 1 längs der Linie II-II in Fig. 1 gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel.

### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Der in Fig. 1 ausschnittsweise im Längsschnitt zu sehende elektrische Servomotor weist ein topfförmiges Motorgehäuse 10 mit einer coaxialen hohlzylindrischen Nabe 11 auf. Im Innern der Nabe 11 ist eine Abtriebswelle 12 mittels zweier Kugellager 13, 14 drehbar gelagert, die in der Nabe 11 mittels eines Distanzringes 15 an Radialschultern 16, 17 an der Nabe 11 selbst und an einem die Nabe 11 abdeckenden Nabenschild 18 angepreßt werden. Das Nabenschild 18 ist mit Befestigungsschrauben 19 auf der Nabe 11 aufgeschraubt und weist eine zentrale Öffnung 20 auf, durch welche die Abtriebswelle 12 hindurchragt. Die Nabe 11 trägt am Außenumfang bis zum Boden des topfförmigen Motorgehäuses 10 reichende Stege 21, die gleichmäßig am Umfang der Nabe 11 verteilt angeordnet sind und axial verlaufen.

Mit der Abtriebswelle 12 ist eine etwa schalenförmige Trägerscheibe 22 fest verbunden, an deren Schalenrand ein rohrförmiger Rotor 23 befestigt ist, der von der Trägerscheibe 22 coaxial zur Abtriebswelle 12 freitragend wegstrebt. Der Rotor 23 ragt unter Belassung jeweils eines Luftspaltes 24 bzw. 25 auf beiden Seiten des Rotors zwischen zwei Statoren 26, 27 hinein. Von den beiden Statoren 26, 27, die üblicherweise als Blechpakete ausgebildet sind, ist der äußere Stator 26 am Motorgehäuse 10 befestigt, während sich der innere Stator 27 an den Stegen 21 auf der Nabe 11 abstützt. Die beiden Statoren 26, 27 tragen jeweils eine identische mehrphasige Statorwicklung 28, 29, die als Wellen- oder Schleifenwicklung, Spulen- oder Stabwicklung, Ein- oder Zweischichtwicklung ausgebildet sein kann.

Wie besonders aus Fig. 2–6 zu sehen ist, sind die Statorwicklungen 28, 29 in konventioneller Weise in Nuten 30, 31 eingelegt, die über den Umfang der Statoren 26, 27 gleichmäßig verteilt mit gleicher Nutteilung angeordnet sind. Die Nuten 30, 31 sind halboffen ausgeführt, wobei ihre Öffnungen jeweils dem Rotor 23 zugekehrt sind. Die Nutteilung in beiden Statoren 26, 27 ist gleich groß gewählt. In Fig. 2–5 sind die beiden Statoren so ausgerichtet, daß die Nuten 30, 31, d.h. ihre Mitten, in Radialrichtung miteinander fluchten. In Fig. 6 sind die beiden Statoren 26, 27 so gegeneinander verdreht, daß die Nuten um eine halbe Nutteilung gegeneinander verschoben sind. Das Motorgehäuse 10 ist auf seiner offenen Seite mit einem Gehäusedeckel 32 verschlossen, der eine zentrale Luftdurchtrittsöffnung 33 aufweist.

In Fig. 2–4 ist ein Querschnitt längs der Linie II-II in Fig. 1 des als Asynchronmotor ausgebildeten Motors ausschnittsweise dargestellt. In Fig. 2 ist dabei der Rotor 23 als Käfigläufer ausgebildet, der in bekannter Weise in axial verlaufenden Nuten 34 im Rotor 23 eingelegte Leiter- oder Käfigstäbe 35 aufweist, die auf beiden Seiten des Rotors durch jeweils einen, hier nicht dargestellten Kurzschlußring miteinander verbunden sind. Die Nuten 34 sind geschlossen ausgebildet, wodurch die über den Käfigstäben 35 zum äußeren Stator 26 bzw. zum inneren Stator 27 hin liegenden Streustege die mechanische Festigkeit des Rotors 23 wesentlich verbessern.

Bei dem in Fig. 3 ausschnittsweise im Querschnitt zu sehenden Asynchronmotor ist der Rotor 23 als Doppelkäfigläufer ausgebildet. Hier sind in zwei konzentrischen Ebenen wiederum Leiter- oder Käfigstäbe 36, 37 in gleichmäßig über den Umfang des Rotors 23 angeordneten geschlossenen Nuten 38, 39 eingelegt. Die Käfigstäbe 36, 37 sind an beiden Enden durch gemeinsame, hier nicht dargestellte Kurzschlußringe miteinander verbunden. Ein solcher Doppelkäfigläufer ist deutlich drehzahlfixierter als der Käfigläufer in Fig. 2, so daß — wie dies in Fig. 4 dargestellt ist — die Nuten 38, 39 auch halboffen ausgeführt werden können. Die Nutöffnungen der in der äußeren Ebene angeordneten Nuten 38 sind dabei dem äußeren Stator 26 und der in der inneren Ebene angeordneten Nuten 39 sind dem inneren Stator 27 zugekehrt.

In Fig. 5 ist ausschnittsweise ein Schnitt längs der Linie II-II in Fig. 1 des als Synchronmotor ausgebildeten Servomotors dargestellt. Die Statoren 26, 27 mit den Statorwicklungen 28, 29 sind unverändert. Der Rotor 23 besteht aus einem dünnen, nicht magnetischen Stützrohr 40, z.B. aus GFK oder nicht magnetischem Edelstahl, auf dem mit geringem Abstand voneinander Dauermagnetsegmente 41 aufgeklebt sind. Die Breite der



Dauermagnetsegmente 41 in Umfangsrichtung des Rotors 23 entspricht hier etwa dem Vierfachen der Nutteilung. Die Dauermagnetsegmente 41 sind in Radialrichtung magnetisiert, so daß wechselweise der Nordpol der Dauermagnetsegmente 41 zum äußeren Stator 26 und 5 der Südpol zum inneren Stator 27 und umgekehrt hinweist. Die an den Dauermagnetsegmenten 41 angreifenden Fliehkräfte werden von einer die Dauermagnetsegmente 41 überziehenden vorgespannten Bandage 42 aus 10 GFK oder nicht magnetischem Edelstahl aufgefangen. Die Lücken 43 zwischen den Dauermagnetsegmenten 41 sind ebenfalls mit magnetisch nichtleitendem Material ausgefüllt.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

114  
af - von

3609351

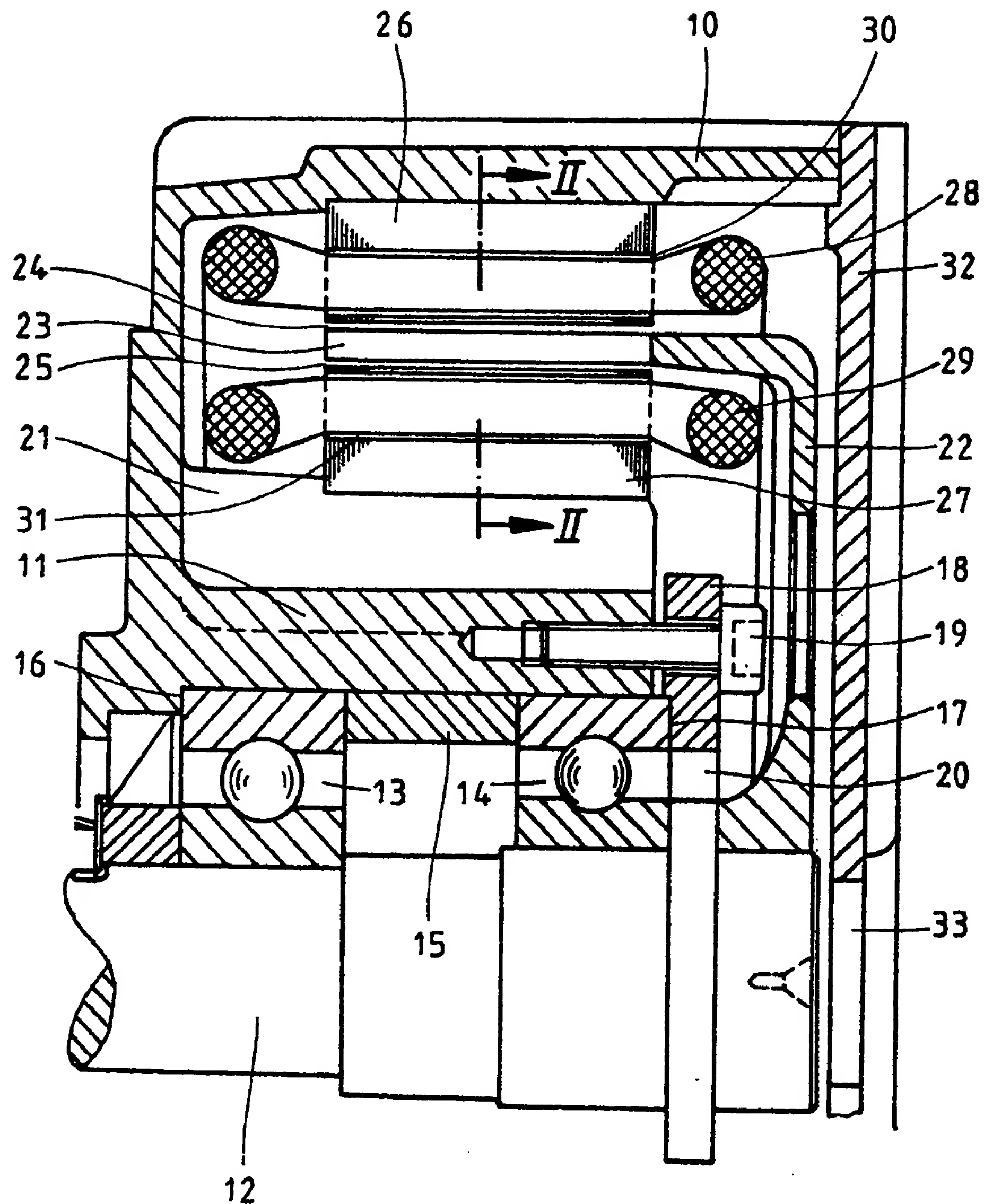


Fig. 1

3609351

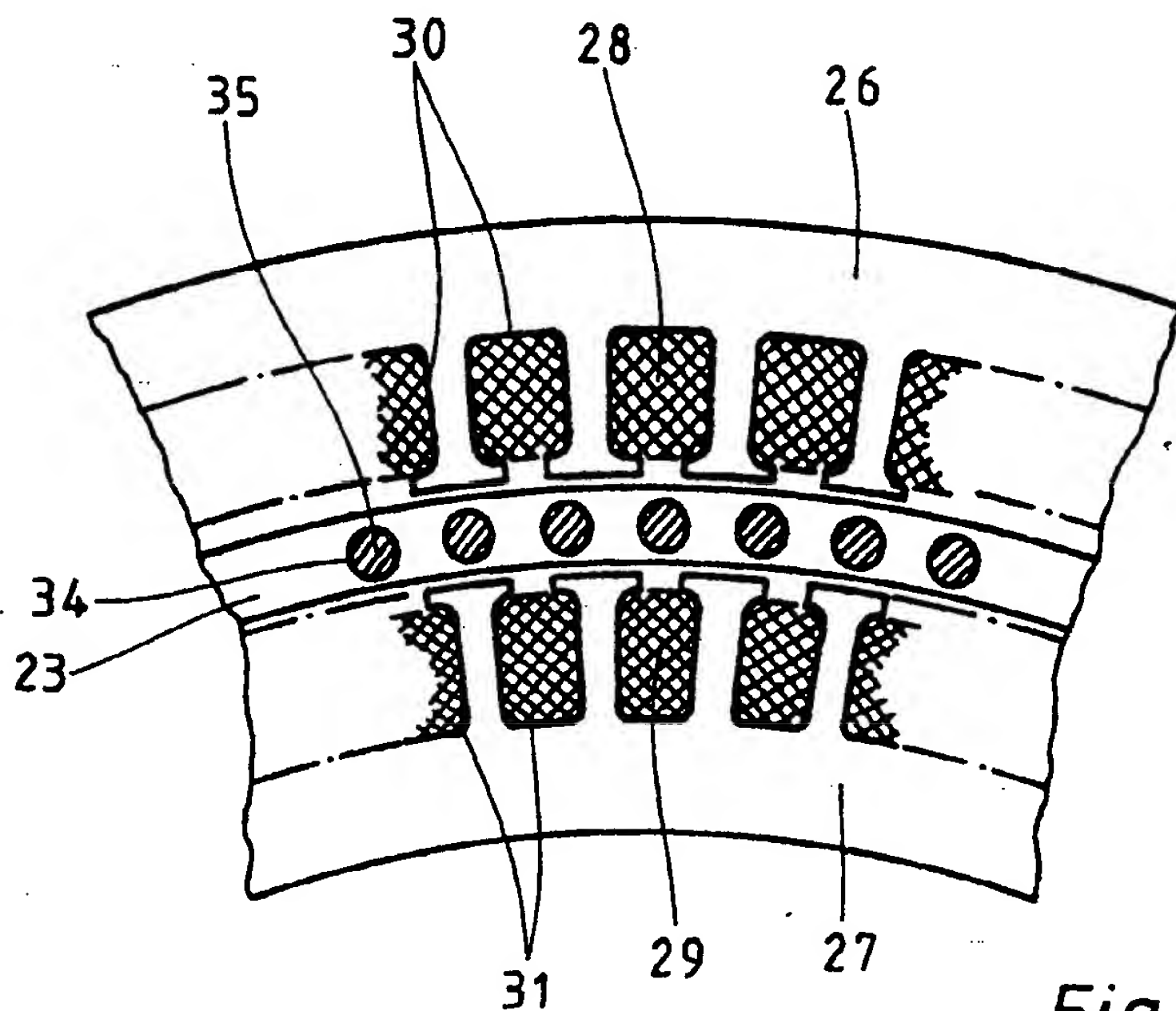


Fig. 2

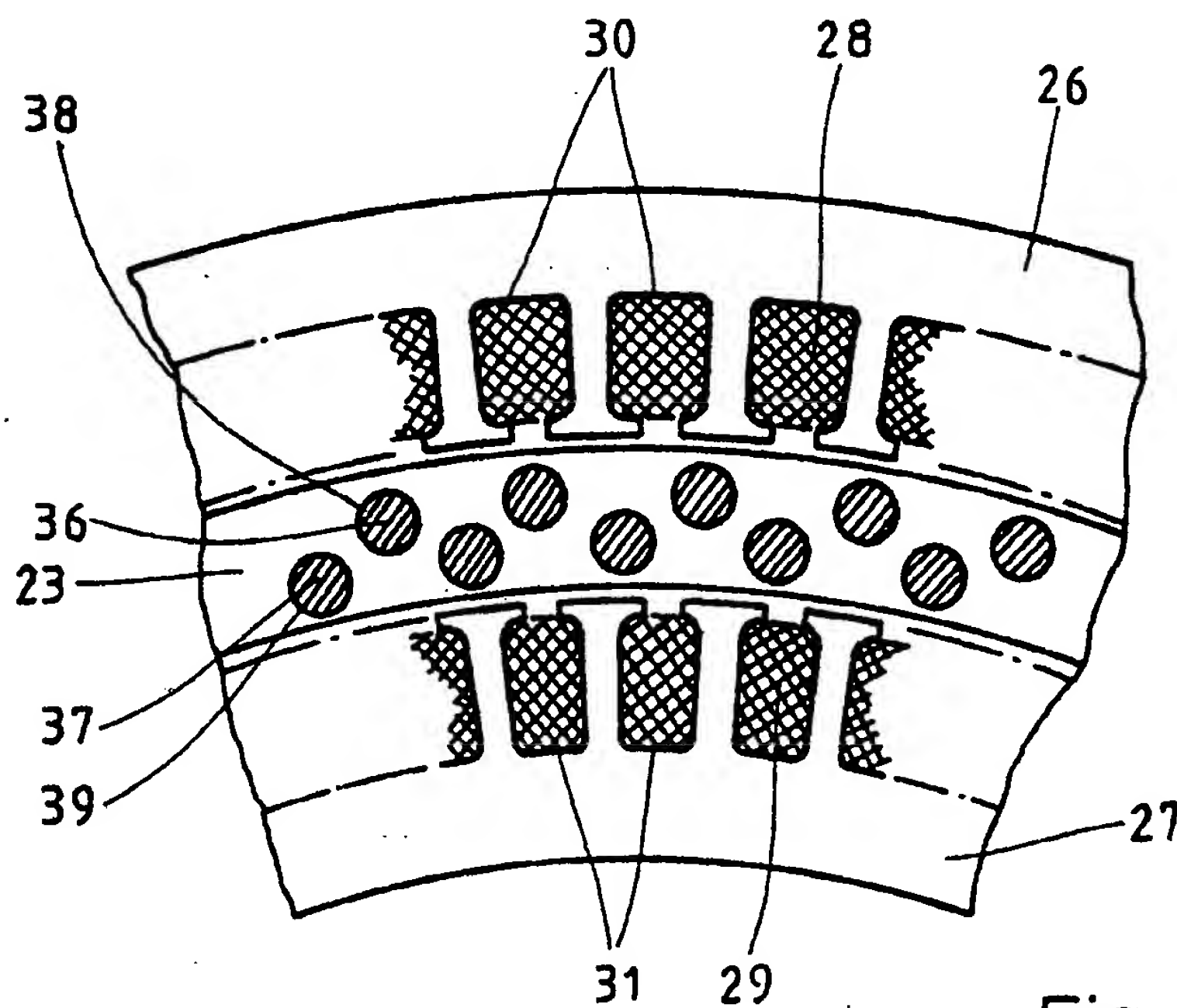
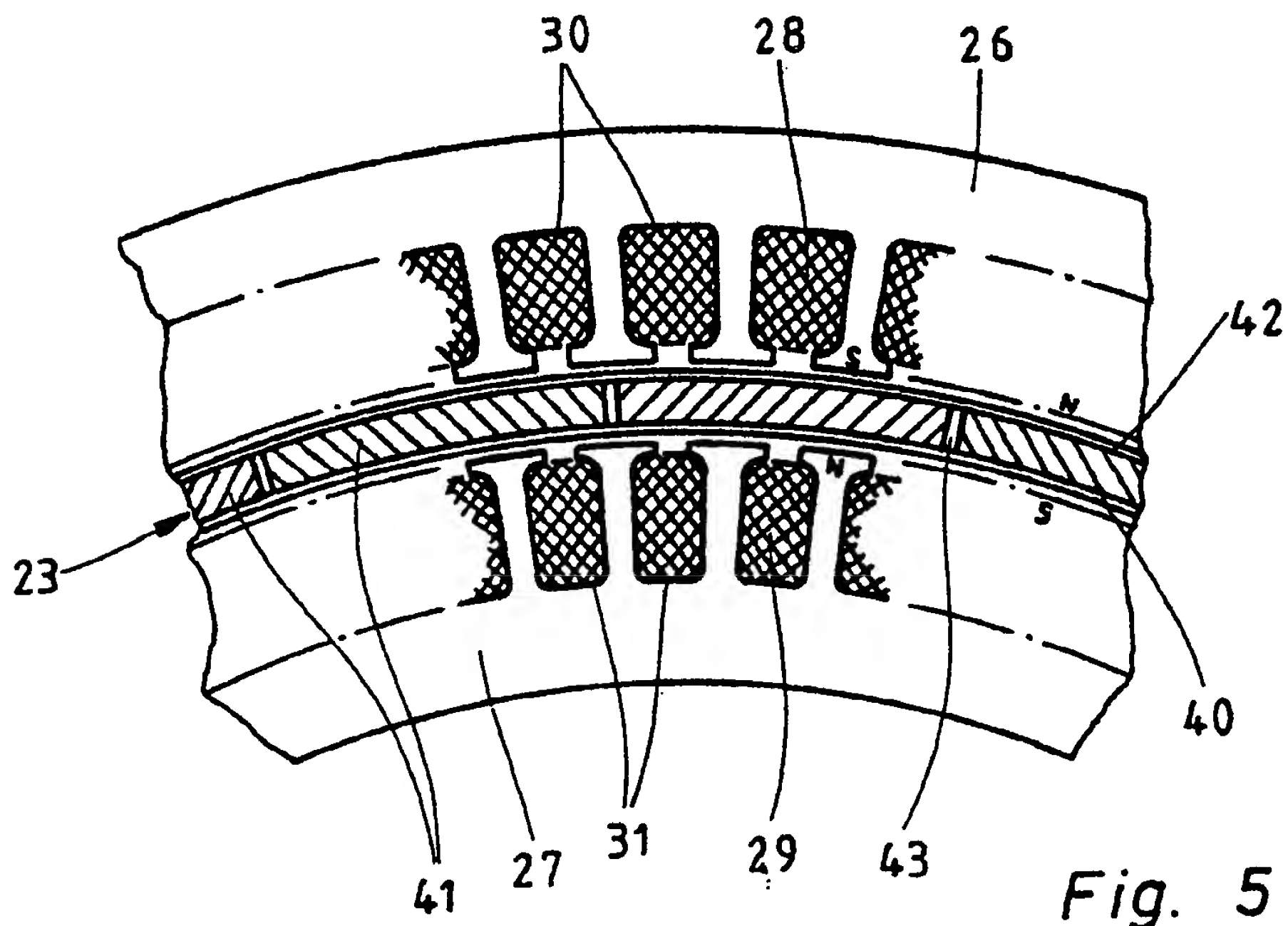
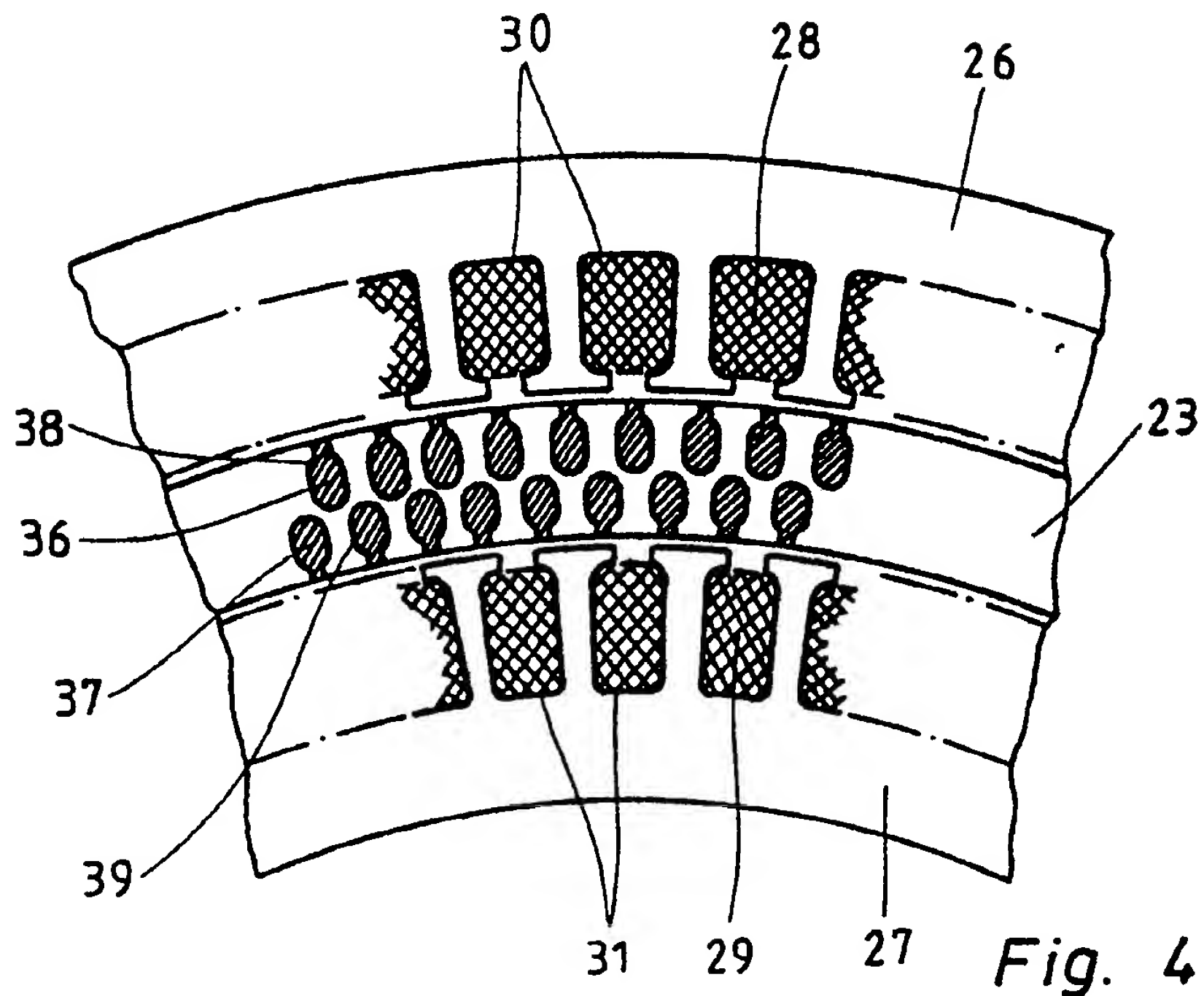


Fig. 3

3609351





3609351

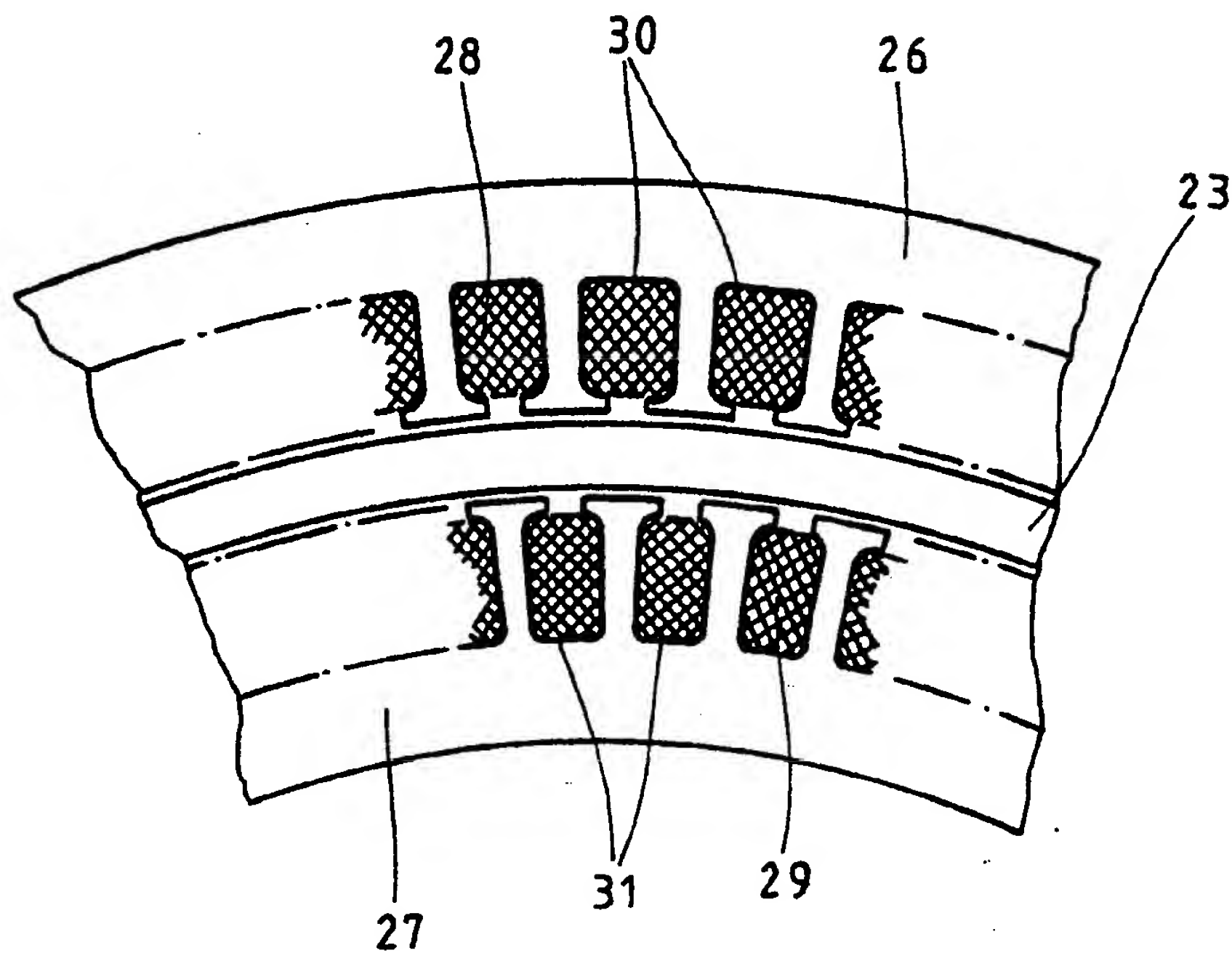


Fig. 6